

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentální inženýrství

Návrh kořenového způsobu čištění odpadních vod obce Radotín

Proposal of wetland waste water treatment facilities in municipality Radotín

bakalářská práce

Autor:

Markéta Pátková

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Thomas, Ph.D.

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání bakalářské práce

Student: **Markéta Pátková**
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 2102R006 Technologie a hospodaření s vodou
Téma: **Návrh kořenového způsobu čištění odpadních vod obce Radotín.**
Proposal of wetland waste water treatment facilities in municipality Radotín.

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Základní charakteristika území.
3. Legislativní rámec čištění odpadních vod.
4. Zneškodňování odpadních vod z malých zdrojů znečištění.
5. Kořenové čistírny odpadních vod.
6. Návrh koncepce čištění odpadních vod obce Radotín.
7. Ekonomické zhodnocení variant řešení.
8. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

Dle pokynů vedoucího bakalářské práce.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Thomas, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2009

Datum odevzdání: 15.04.2010

prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
vedoucí institutu



prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., Dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení

Celou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literátu.

Byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3.)

Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO,

Bylo sjednáno, že může své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohou jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladu které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy.

Poděkování

Také bych chtěla poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Jan Thomas, Ph.D.za cenné rady a vstřícní přístup při vedení bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing.Františkovi Zábranskému, který mi poskytl informace pro návrh kořenové číslitny. Také bych chtěla poděkovat svým rodičům za podporu.při mém studiu.

V Ostravě dne 14. 4. 2010

Markéta Pátková

Anotace

Bakalářská práce se zabývá způsoby zneškodňování odpadních vod pomocí různých procesů a technologií. V první části je sepsána potřebná legislativa týkající se čištění odpadní vody. Další část je zaměřena na mechanické čištění pomocí česel, lapáků, písku a usazovacích nádrží. Biochemická část obsahuje popis technologii pro čištění odpadních vod pomocí mikroorganismu. Předposlední částí je shrnutí všech informací pro výstavbu kořenové čistírny. Poslední část se zabývá návrhem kořenové čistírny pro obec Radotín a jeho ekonomickým zhodnocením.

Summary

The bachelor thesis deals with methods of disposal of waste water through the various processes and technologies. The first part is drawn up the necessary legislation on waste water purification. Another part focuses on mechanical cleaning using česel, interceptor, sand and sedimentation tanks. Biochemical section contains a description of the technology for waste water treatment assistance to micro-organisms. The penultimate section is a summary of all information for the construction of root treatment. The last part deals with the root treatment for Radotín community and its economic evaluation.

OBSAH

1. Úvod	1
2. Cíle bakalářské práce	2
3. Základní charakteristika území	3
4. Legislativní rámec čištění odpadních vod	4
5. Zneškodňování odpadních vod z malých zdrojů znečištění	6
5.1 Mechanické čištění	6
5.2 Biochemické čištění	8
5.2.1 Aerobní biologické čištění	9
5.2.1.1 Technologické varianty aerobního biologického čištění	10
5.2.2 Anaerobní biologické čištění	14
5.3 Kalové hospodářství	14
6. Kořenová čistírna odpadních vod	16
6.1 Popis a činnost kořenové čistírny	16
6.2 Filtrační materiál	17
6.3 Odstraňování důležitých skupin látek v kořenové čistírně	18
6.4 Výhody nevýhody kořenové čistírny	18
6.5 Výpočty	19
6.6 Rostliny pro kořenovou čistírnu	19
6.6.1 Funkce rostlin	19
6.6.2 Typy rostlin pro výsadbu kořenové čistírny	20
6.5 Objekty na kořenové čistírně	22
6.6 Kořenové čistírny odpadních vod dělíme podle proudění	24
7. Návrh koncepce čištění odpadních vod obce Radotín	26
7.1 Přivádění vody	26
7.2 Mechanické předčištění	26

7.3 Přípravná práce pro výstavbu	28
7.4 Výpočty	28
7.4.1 Stanovení počtu ekvivalentních obyvatel	28
7.4.2 Výpočet produkce odpadních vod	29
7.4.3 Výpočet ukazatelů znečištění na přítoku a odtoku	30
7.4.4 Výpočty k filtračnímu poli	31
7.5 Realizace stavby filtračního lože	32
8. Ekonomické zhodnocení	35
9. Závěr	36
10. Použitá literatura	37
11. Seznam příloh	40

1. ÚVOD

Stav našich vod v dnešní době není kvalitní, i přesto že je v legislativě uvedené, že každý kdo produkuje odpadní vodu, ji musí nějakým způsobem zneškodňovat pomocí čistíren. U malých obcí nejsou vybudované žádné typy čistíren. Proto jsem si ke své bakalářské práci vybrala návrh kořenové čistírny v obci Radotín. Výstavba čistírny zlepší kvalitu vody v Radotínském potoku.

V obci zatím čištění není realizováno, jelikož odpadní voda je odváděna nejdříve do septiku a poté jednotnou stokovou sítí do recipientu bez jakéhokoliv čištění. S výhledem do budoucna bude potřeba vybudovat kompletní odvádění odpadních vod z důvodu nařízení EU potažmo ČR legislativy. Bakalářská práce je rozdělena na dvě části, a to teoretickou, kde jsou popsány způsoby čištění odpadní vody, a praktickou, kde je navržena kořenová čistírna.

2. CÍLE BAKALAŘKÉ PRÁCE

1. Shrnutí současných informací o možnostech čištění odpadních vod
2. Příprava projektové dokumentace a realizace kořenové čistírny obce Radotín
3. Zhodnocení návrhu řešení čištění odpadních vod obce Radotín

3. CHARAKTERISTIKA OBCE RADOTÍN ŠABAC - ZAHUMENÍ

Obec Radotín se nachází 15km jihovýchodně od okresního města Přerov a jihozápadně od Hranic (Obr.1). Zastavěné území obce je v nadmořské výšce 300m.n. m. Vybraná lokalita pro výstavbu kořenové čistírny odpadních vod se nachází severovýchodně od středu obce Radotín v oblasti zvané Šabac - Záhumení. Navrhovaná stavba představuje dořešení odkanalizování a likvidace odpadní vody z jednotné stokové sítě z části obce. Ve vytypované oblasti se nachází bezejmenný pravobřežní přítok Radotínského potoka s hydrologickým číslem povodí 4-12-02-082, který bude sloužit jako recipient pro vypouštění vyčištěné vody z kořenové čistírny odpadních vod. Radotínský potok se poté vlévá do Maleníku a ten dále do Dolnonětčického potoka a pak do Moštěnky a ta ústí do Moravy. Radotínský potok spravuje Zemědělská vodohospodářská správa se sídlem v Kroměříži.

Navrhovaná kořenová čistírna pro část obce Šabac - Záhumení bude sloužit 45 osobám a firmě Paragan, odpadní voda zbývající části obce je odváděna jednotnou kanalizační stokovou sítí do biologických rybníků v sousední vesnici. Na daných pozemcích pro výstavbu kořenové čistírny se nachází louky a jiné plochy, které vlastní obec, okolní pole jsou v soukromém vlastnictví.[1,2]



Obr:1 Obec Radotín [1,3]

4. LEGISLATIVNÍ RÁMEC ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Vlastnosti odpadní vody a možnosti nakládání s nimi jsou popsány ve vodním zákoně č. 254/2001 Sb. Dále je v zákoně uvedeno, že ten, kdo produkuje odpadní vodu, je povinen ji určitým způsobem zneškodňovat[4].

Doprava vody odpadní i vody pitné musí splňovat určitá kritéria, která jsou uvedena v zákoně č. 274/2002 Sb. o vodovodech a kanalizacích, kde je popsáno, jakým typem potrubí se vody dopravují[5].

Vyčištěná voda vypouštěná do povrchových a podzemních vod musí splňovat určité ukazatele a povolení pro vypouštění, které jsou sepsány ve vládním nařízení č.61/2003 Sb. Za vypouštění vody musíme uhradit určité poplatky. Výše poplatků je uvedena ve vyhlášce č.293/2002 Sb.[6,7].

EO	CHSK _{cr}	BSK ₅	NL	N-NH ₄	N _c	P _c
<500	150	40	50	-	-	-
500 - 2000	125	30	40	20	-	-
2000-10000	120	25	30	15	-	3
10000 - 100000	90	20	25	-	15	2
>100000	75	15	20	-	10	1

Tabulka 1. Emisní hodnoty průměrné koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l [5]

Vyprodukované kaly a jejich vlastnosti jsou uvedeny v zákoně o odpadech č.185/2001 Sb. Kaly se ukládají na skládku podle daných podmínek, které jsou uvedeny ve vyhlášce č.294/2005 Sb. Kaly se používají jako hnojivo na zemědělskou půdu a musí splňovat podmínky podle vyhlášky č.382/2001 Sb. [8,9,10].

Odpadní voda musí být odváděna tak, aby neznečišťovala krajinu. Podmínky o ochraně krajiny jsou sepsány v zákoně č. 114/2000 Sb. V zákoně č. 258/2000 Sb. je popsáno, jaký vliv mají odpadní vody na zdraví člověka.[11,12]

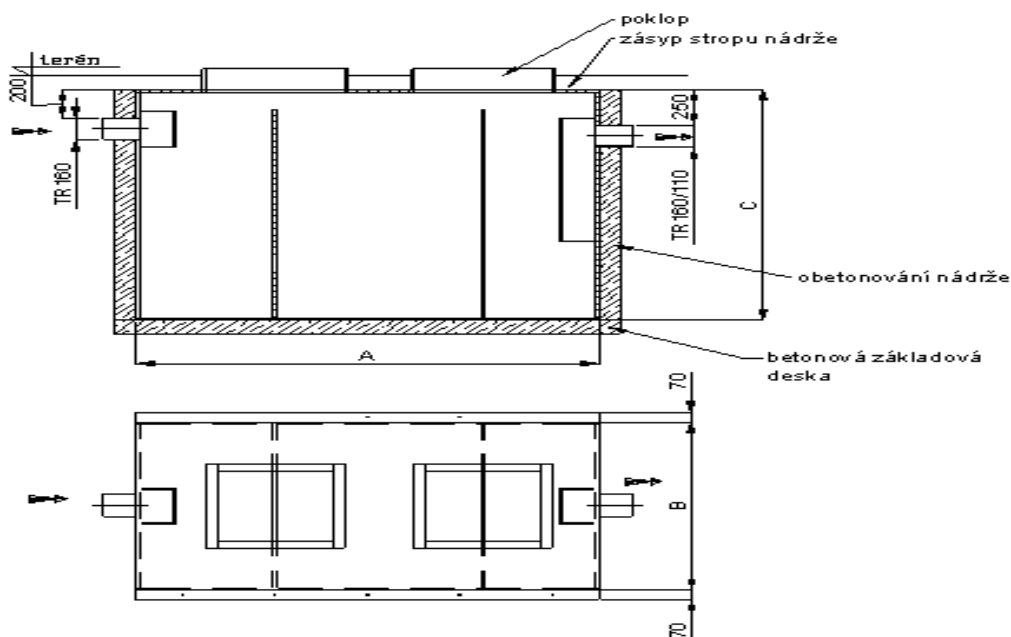
Pro výstavbu čistíren musí být stavebním úřadem vydáno dané stavební povolení. Všechna důležitá opatření pro výstavbu jsou sepsány ve stavebním zákoně č. 183/2006 Sb. [13].

5. ZNEŠKODŇOVÁNÍ ODPADNÍCH VOD Z MALÝCH ZDROJŮ ZNEČIŠTĚNÍ

5.1 Mechanické čištění

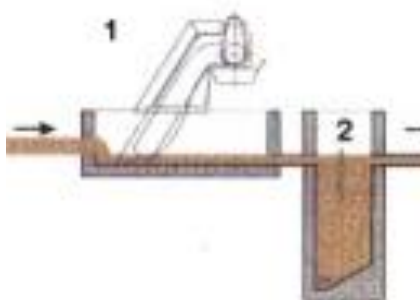
Prvním krokem k čisté vodě je mechanické čištění, které slouží jak k zachycování hrubých pevných a tekutých částic plovoucích na hladině, tak k odstraňování pevných látek usazených na dně nádrže. K čištění se používá septik, česla, lapače písků, olejů a tuků, usazovací nádrže. U malých zdrojů znečištění se nejčastěji používá kombinace česel s lapáky písku.

Odpadní voda z obydlených oblastí je nejběžněji odváděna do septiku, který je 1. čistícím stupněm. Jedná se o zakrytou nádrž s přepážkami uloženou v zemi, kde probíhá usazování a anaerobní vyhnívání odpadních vod s kalem. Výhodou je jednoduchá obsluha, není nutné vodu předčistit a nemusí být dodána žádná energie. Optimální čistící účinky jsou při době zdržení 3 dny. Jakmile výška kalu v septiku dosáhne 1/3 užitečné výšky, nejméně však jednou za rok, je třeba kal vyvézt. Do septiku se nesmí zavádět dešťová voda. [14,15,17]



Obr 2. Schéma septiků [16]

Takto vyčištěná odpadní voda je odváděna kanalizací do mechanicko-biologické čistírny. Přechází do objektu, který je tvořen česly a lapáky písku. Česla slouží k zachycování organických plovoucích nečistot. Skládají se ze svislých ocelových tyčí, které jsou uloženy v betonovém žlabu v určitém sklonu a v určité vzdálenosti. Zde jsou odstraněny největší hrubé nečistoty a voda pokračuje dál k lapáku písku sloužící k zachycování minerálních látek. Lapáky jsou založeny na principu sedimentace, kdy částice klesají ke dnu vlivem snížení rychlosti a změny směru proudění. Lapák obsahuje normou stěnu, přes kterou přetéká odpadní voda. V některých případech může obsahovat i lapáky tuků a olejů sloužící k odstraňování látek s hustotou menší než je hustota vody (ropné látky). Na částice působí separační procesy, kdy se částice vynoří na povrchu a pak jsou stíraný.[14,15,17]



Obr 3. Schéma mechanického předčištění 1- česla, 2- lapák písku [18]

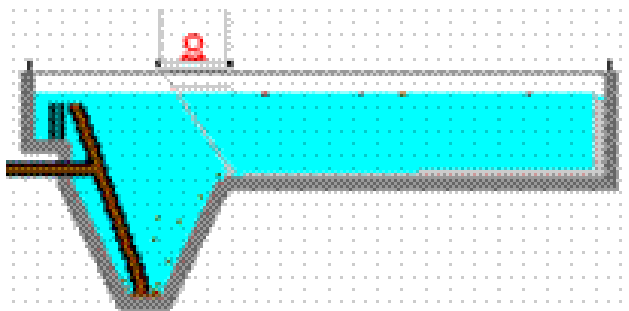
Po odstranění největších nečistot přechází odpadní voda do usazovacích nádrží, které slouží pro separaci tuhých částic a k částečnému zahuštění kalu za účelem dosažení co nejmenší koncentrace nerozpuštěných látek na odtoku z nádrže. Vzniká zde primární kal, který je shrabován shrabováky do kalové jímky.

Typy usazovacích nádrží:

- a) Podélná s horizontálním průtokem je nejjednodušší konstrukce a obsluhově řešená. Odpadní voda přitéká do prostoru usazovacího, kde nečistoty postupně klesají do kalového prostoru. Vyčištěná voda je odváděna na další stupeň čištění. (Obr. 4)
- b) Kruhová s horizontálním nebo vertikálním průtokem je monolitická železobetonová nádrž. Odpadní voda je přiváděna ocelovým potrubím do nádrže a je vedena do osy

válce a poté horizontálním nebo vertikálním prouděním protéká usazovacím prostorem k přepadovému žlabu. Výtokové otvory jsou rozloženy po celém obvodu. Kaly usazované u dna jsou shrnovány shrabovákem do kalové jámky a odtud odváděny kalovým potrubím.

- c) Štěrbínová nádrž se skládá ze dvou částí: horní usazovací a dolní vyhnívací. Obě části jsou od sebe odděleny štěrbinovým roštem. V horní části nádrže se částice usazují na dně a štěrbinou propadají do dolní části, kde vyhnívají. Vyhnílý kal se z kalového prostoru odpouští hydraulickým přetlakem pomocí potrubí u dna nádrže. Nevýhodou je vysoká stavební náročnost a značná hloubka. [14,15,17]



Obr. 4. Podélná usazovací nádrž [17]

5.2 Biochemické čištění

Slouží k odbourávání částic menších než 1mm. Probíhají zde chemické reakce, při kterých dochází k odstranění rozpuštěných částic. Při chemickém čištění se do odpadních vod přidávají koaguláty usnadňující čištění. Koaguláty se shlukují do vloček a ty se postupně vynášejí k hladině, kde jsou později stírány. Při biologickém čištění nám pomáhají mikroorganismy (bakterie) k rozkladu nečistot za pomoci vločkového mraku, a to za přístupu kyslíku nebo bez přístupu kyslíků.

Rozdělení biologických procesů:

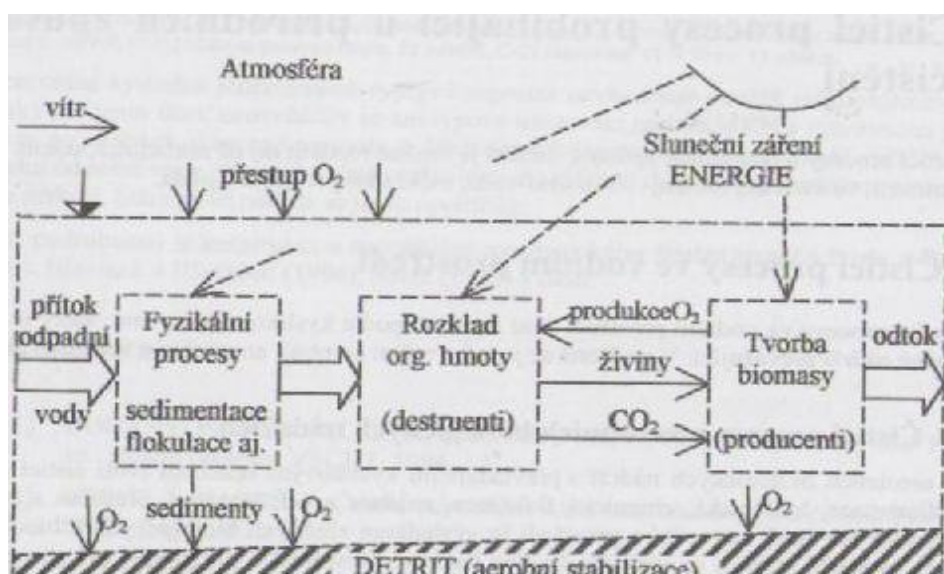
1. oxická (aerobní) oblast: probíhá zde oxidace organických látek za přítomnosti kyslíku (nitrifikace),
2. anoxická (anaerobní) oblast: rozklad probíhá bez přístupu kyslíku. Slouží k rozkladu dusitanů a dusičnanů. [15,19,20]

5.2.1 Aerobní biologické čištění

Aerobní čištění slouží k odbourávání organických nečistot pomocí sedimentace, biologická a chemická flokulace a oxidace za přístupu kyslíku. Uplatňují se zde biologické a biochemické pochody, které jsou podmíněny činností aerobních mikroorganismů. Kyslík získávají z atmosféry v místě styku s vodní hladinou, nebo pomocí fotosyntézy zelených rostlin. Konečným produktem je CO_2 , H_2O a amoniak. Kritériem pro hodnocení je koncentrace organických látek (BSK_5 , CHSK , NL , P , N). Aerobní čištění probíhá v reaktorech nebo v přírodních nádržích.

Hlavní procesy:

- mineralizace je proces aerobní respirace odbourávající uhlíkaté organické látky za vzniku CO_2 a vody,
- nitrifikace je přeměna amonného iontu na dusičnany,
- amonifikace je odbourávání dusíkatých organických látek na amonné ionty.[15,19,20]



Obr: 5 Blokové schéma průběhu čištění v aerobních biologických nádržích [20]

5.2.1.1. Technologické varianty aerobního čištění

Aerobní čištění probíhá pomocí různých technologií podle velikosti znečištění. Technologie, které se používají u větších čistíren, jsou převážně pomocí aktivačních nádrží, kde probíhá aktivace. Pro malé zdroje znečištění se používají stabilizační nádrže, biologické filtry a diskové biofiltry.

a) Aktivace

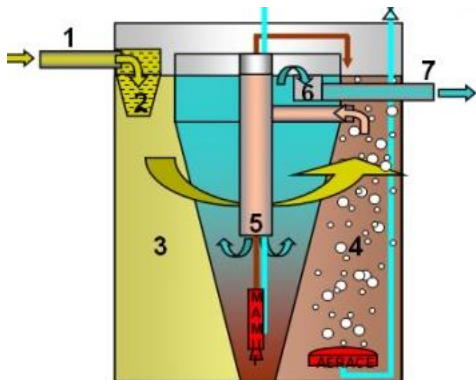
Princip aktivace spočívá ve vytvoření aktivního kalu (shluk mikroorganismů) v provzdušňované aktivační nádrži. Probíhá zde filtrace odpadní vody i kalu. Z aktivačních nádrží odtéká voda do dosazovacích nádrží, kde se od sebe odděluje voda a aktivní kal. Aktivní kal se vrací zpět do aktivačních nádrží.

Aktivace se dělí na:

1. Aktivace s nízkým zatížením - proces s objemovým zatížením aktivačních nádrží menším než 1800 g BSK₅/den . Probíhají všechny 3 fáze aktivace.
2. Aktivace s vysokým zatížením - proces s objemovým zatížením aktivačních nádrží větším než 1800 g BSK₅/den. Zkracuje se doba provzdušňování za cenu sníženého konečného čistícího efektu.
3. Rychloaktivace - využívá se v nejvyšší míře jen adsorpční schopnosti oživeného kalu.
4. Aktivace s podélným průtokem - v prostředí aktivační nádrže je koncentrační spád.
5. Aktivace směšovací - v prostředí aktivační nádrže je ve všech místech stejná koncentrace.
6. Aktivace postupná - způsob, při kterém je přítok odpadních vod rozdělen podél aktivační nádrže, aby se rovnoměrně zatěžoval oživený kal. Vracený očkovací kal se zavádí jen na začátek aktivační nádrže. [15,20]

Pro malé zdroje znečištění používáme malé aktivační nádrže (Obr. 6), kde odpadní voda nejprve přitéká do sedimentační části a poté do aktivační části, kde je přidáván

aktivní kal a probíhá zde aktivace a po vyčištění odtéká přes žlab. U větších čistíren se používá více nádrží za sebou (Obr 7.) kde probíhají v každé nádrži jednotlivé procesy postupně.



Obr. 6. Aktivační nádrž malé čistírny



Obr. 7 Aktivační nádrže velké čistírny [25]

1-Přítok odpadních vod, 2-Separátor shrabků

3-Sedimentační nádrž, 4-Aktivační nádrž

5-Dosazovací nádrž, 6-Přelivný žlab

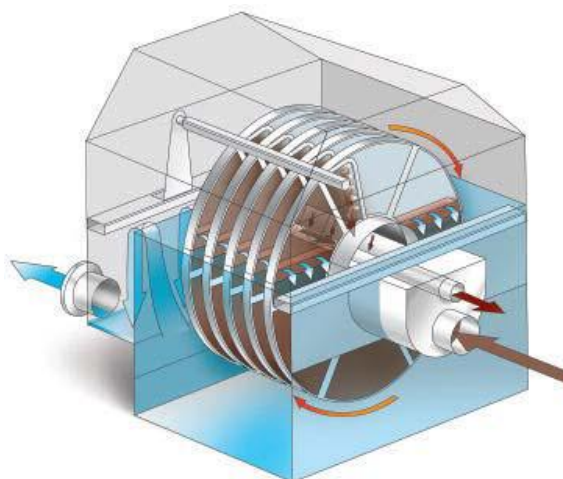
7-Odtokové potrubí [22]

b) Stabilizační nádrže (rybníky)

Jsou to zemní nádrže s plochým dnem, bez zálivů a ostrovů, o hloubce 0,9 -1,5m. Odpadní voda se zde zdržuje 7-30 dnů. Jejich výhodou je, že jsou provozně a energeticky nenáročné a mají vysokou účinnost čištění včetně choroboplodných zárodků. Navrhují se v menších obcích s oddílnou kanalizací, kde slouží pro dočištění vod za vysokozatíženým biologickým filtrem. U jednotné kanalizace plní funkci dešťové zdrže pro odpadní vody odlehčované ze stokové sítě před čistírnou. U jednotné kanalizace je nutné před stabilizační nádrž zařadit sedimentační stupeň v podobě šterbinové nádrže. Stabilizační nádrží by neměla protékat balastní voda, za kterou mohou být pokládány běžné povrchové vody. Průběžný vodní tok je třeba vést kolem nádrže obtokovým korytem. Na odtoku se někdy vyskytují řasy, proto zřizujeme stabilizační nádrže I. a II. stupně. [20,21]

c) Diskové biologické filtry

Filtr se skládá z kruhových disků nasazených na otáčející se hřídel. Disky v průměru 1-3 m jsou 3-13 mm tlusté a vzdálené od sebe 20 mm. Většinou se vyrábí z plastických hmot. Disky se otáčejí v obdélníkové nádrži rychlostí cca 2-3 ot/min. Jsou ponořeny asi 1/3 do odpadní vody. Dno žlabu je oblé, nemá mrtvé kouty, kde by se kal usazoval či zahníval. Čištění probíhá asi 7-14 dní a na diskách se tvoří aktivní blána. Disky se pomalu ponořují a provzdušňují biologické nárůsty na discích. Mikroorganismy odebírají nečistoty z odpadní vody na tyto disky. Výhodou je jednoduchá konstrukce a obsluha, jsou levné a nejsou citlivé na výkyvy zatížení. Nevýhodou je možnost zamrzání. Rozdíl mezi diskovými biofiltry a zemními filtry je, že u diskových probíhá čištění za aerobních i anaerobních podmínek a znečištění je pevně usazeno na discích. U zemního filtru probíhá čištění převážně v aerobním prostředí za pomoci mikroorganismů a štěrkového lože.[19,20,23]

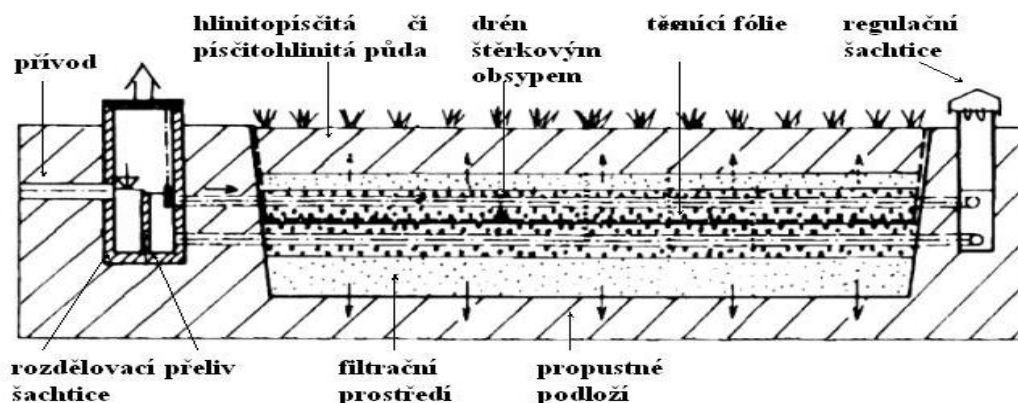


Obr 8. Diskový biologický filtr [23]

d) Biologické filtry

Podstata čištění je stejná jako u aktivace, ale nedochází zde k filtraci kalu. Dochází zde pouze k filtraci vody. Aktivovaný kal je přichycený na náplni biofiltru. Odpadní voda musí být mechanicky vyčištěna. Čistící proces probíhá uvnitř náplně za aerobních podmínek. Na povrchu náplně se po určité době vytvoří biologická blána. Na biologické bláně se zachycují a mineralizují rozpuštěné, koloidní i nerozpuštěné organické látky. Důležitým činitelem rozkladného procesu jsou nitrifikační bakterie přeměňující organický dusík na dusitany a dusičnany.

- a) Pomalé biologické filtry - s nízkým zatížením BSK_5 . Kruhové nádrže s pevným dnem a roštovým mezidnem, nad kterým je filtrační náplň. Odpadní voda protéká filtrem jen jednou a skrápění probíhá v intervalech. Do prostoru mezidna jsou zaústěna okna, kterými do filtru vniká vzduch - celý filtr pracuje jako komín. Voda filtrem neprotéká, ale prosakuje. Odpadní voda se přivádí do filtru ze zásobovací nádrže s dávkovacím zařízením a s vypouštěním rovnoměrných dávek odpadní vody na skrápěcí zařízení, kterým se skrápí povrch filtru. Vyčištěná voda odtéká přímo do recipientu. Kal se ze dna periodicky odpouští k vysušování.
- b) Rychlofiltry - s vysokým zatížením BSK_5 , jsou to tělesa, kde odsazená voda přetéká přes náplň, která musí být trvale skrápěna. Nepřetržitého skrápění se dosáhne vrácením vyčištěné vody z dosazovací nádrže do přítoků na filtr. Rychlofiltry jsou vhodné pro větší počet připojených obyvatel. Nevýhodou je, že náplň nesmí vyschnout.
- c) Zemní filtry: slouží k čištění málo znečištěných vod, nebo dočišťování odpadních vod. Zemní filtry je zařízení podobné pomalé filtraci přes jednu nebo více filtračních vrstev. Zemní filtry se dělí na vertikálním průtokem nebo horizontálním průtokem. Filtrační těleso od okolní zeminy odděluje vodotěsná folie z PVC. Součástí je rozváděcí šachta, sběrná šachta a větrací šachty. Půdní filtr je tvořen železobetonovou strží nebo plastovou nádrží. Filtrace probíhá směrem dolů. Hladina podzemní vody je 0,5m pod dnem. V zimním období je nutné zemní filtry izolovat proti zamrznutí. [19,20]



Obr 9. Schéma zemního filtru vyplněného filtrační náplní.[24]

5.2.2 Anaerobní biologické čištění

Slouží k rozkladu organických látek za pomoci mikroorganismu bez přístupu kyslíku. Mikroorganismy jsou v reaktorech buď volné, nebo přisedlé na pevný podklad. Jsou energeticky úsporné, ale probíhají pomalu. Slouží k čištění odpadních vod s větší koncentrací, s toxickými nebo těžko rozložitelnými nečistotami, což jsou převážně průmyslové odpadní vody. Anaerobní čištění probíhá v akumulacích, vyhnívacích, sedimentačních nádržích, i v aerobních biologických nádržích. Proces čištění je ovlivněn teplotou. Nevýhodou je, že zapáchají, a tak působí nepříznivě na okolí. Používáme zde přebytečný kal, který je zdrojem pro mikroorganismy a ty produkují po rozkladu nečistot bioplyn. Zbylý kal se využívá ke hnojení. Anaerobních procesů probíhají za pomoci metanogenních bakterií, které přeměňují organický substrát na metan. Směs metanu a oxidu uhličitého tvoří bioplyn, který je energeticky využitelný podobně jako zemní plyn. Celý proces je mezofilní, největší účinnosti se dosahuje při teplotě 35°C. Anaerobní technologie je velmi účinná, jednak proto, že proces probíhá bez přítomnosti vzdušného kyslíku a šetří se tím tedy náklady na elektrickou energii, dále produkce kalu je velmi nízká.

Hlavní procesy anaerobního čištění:

- a) hydrolýza je počáteční fáze, kde se rozkládají makromolekulární organické látky na nízkomolekulární látky rozpustné ve vodě,
- b) acidogeneze je rozklad nízkomolekulárních látek na jednoduché org. látky CO_2, H_2 ,
- c) acetogeneze probíhá oxidace jednoduchých látek na $\text{H}_2, \text{CO}_2, \text{CH}_3\text{COOH}$,
- d) metanogeneze za pomoci mikroorganismů dochází k rozkladu substrátů na bioplyn (methan).[15,19,20]

5.3 Kalové hospodářství

Kal je důležitý vedlejší produkt při čištění. Je využíván mnoha způsoby. Buď se skladuje na skládky, nebo se spaluje na plyn, nebo slouží jako hnojivo. U větších čistíren jsou různé technologie, aby se snížil objem kalu na co nejmenší část. U malých čistíren je převážně kal u dna nádrží, odkud je po delší době vyvážen na další zpracování.

U malých čistíren se kal usazuje a postupně zahušťuje u dna nádrže, kde kal anaerobně vyhnívá. Při vyhnívání a zahušťování se uvolňuje kalová voda, která se znovu čistí. Kal je u dna nádrže, kde je nádrž dostatečně chráněna PVC fólií před únikem kalu do podzemí. Odvodněný kal se odvádí drenážním potrubím umístěným ve štěrkovém pásu zpět do čistírny. Kal z přírodních čistíren je nezávadný a nezapáchá. Kal se používá ke hnojení nebo ke kompostování. Stabilizovaným kalem se nesmí zatopit rostliny v počátečním stadiu růstu; tato okolnost vyžaduje zvýšený objem kalových prostor, nádrží, jímek. Mineralizovaný a homogenizovaný substrát se kompostuje, do kompostu je možné k tomuto substrátu přidávat rozemlněný domovní bioodpad. [14]

Výpočet celkového zatížení kalových polí z bilanční rovnice:

$$M_z = W_{et} + W_d - \alpha \cdot S_r - W_z$$

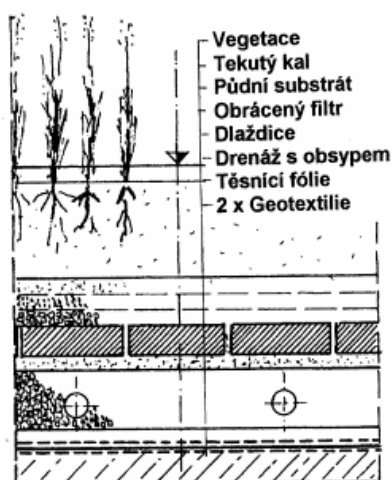
Kde: W_{et} je hodnota evapotranspirace ve směrodatně chladném roce,

W_d - velikost drenážního odtoku,

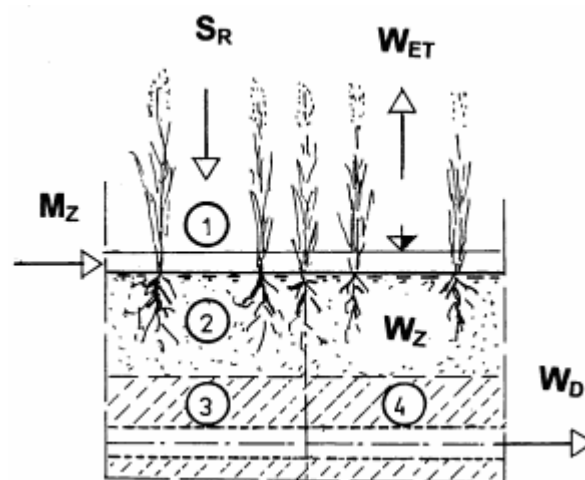
α - součinitel využití dešťových srážek,

S_r - roční srážkový úhrn ve směrodatně vlhkém roce,

W_z - množství vody poutané v půdním prostředí.



Obr. 10. Řez kalovým polem [20]



Obr. 11. Schéma uspořádání kalového pole

1- rostliny, 2- zemitý substrát 3- filtr, 4 - dren[20]

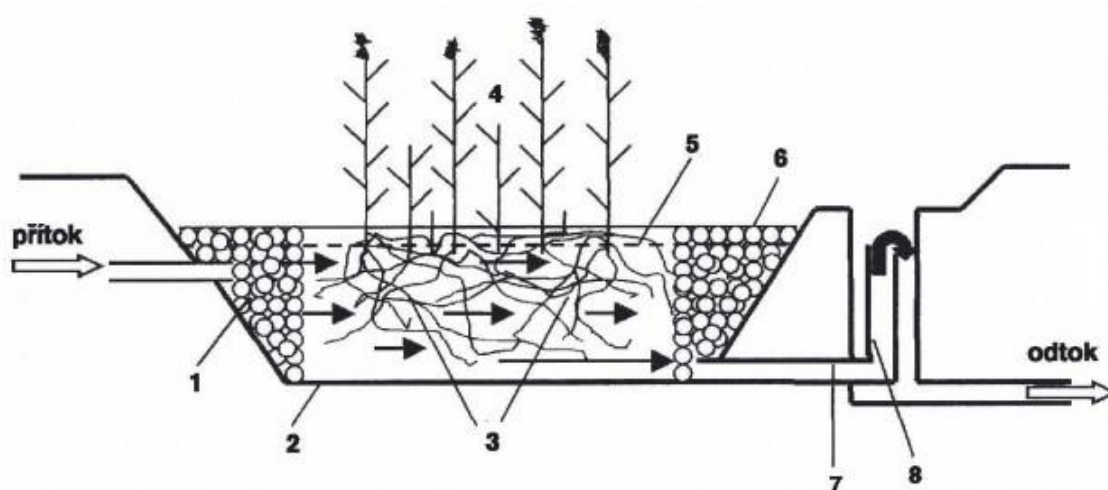
6. KOŘENOVÁ ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD

6.1 Popis a činnost kořenové čistírny

Kořenová čistírna odpadních vod se navrhuje pro čištění malých obcí do 2000 obyvatel. Čistírna je navrhována s horizontálním prouděním ve filtračním prostředí a také jsou navrhovány jako základní stupeň biologického čištění, nebo jako dočišťovací stupeň po mechanicko-biologické čistírně. Jsou založeny na mechanických, fyzikálně-technických a biologických pochodech probíhajících v porézním půdním prostředí, ve vodě a za působení mokřadních rostlin. Je navrhována pro jednotnou i oddílnou kanalizační síť. Technologické zařízení u čistíren nejčastěji používá mechanické přečištění (česla, lapáky písku, usazovací nádrže) a vlastní kořenové filtry. Základním principem čištění je filtrace, a to horizontálním či vertikálním podpovrchovým průtokem odpadních vod nerozpadovým propustným substrátem, v němž jsou vysazeny mokřadové, bahenní či vodní rostliny. Kořenová čistírna funguje celoročně bez ohledu na roční období, ale v zimě probíhá pomaleji. Vyčištěná voda se využívá na závlahu nebo do recipientu, aby se zde zlepšila kvalita. Pracuje bez elektrické energie. Používá se na čištění šedé vody (voda z koupelen a kuchyní) a černé vody (voda z WC). Při rekreačních objektech nebo malých obcích. Jejich životnost je 25-30let a náklady na osobu činí 5000-6000Kč. Čistírnu je vhodné 1x ročně celou vypustit a vyčistit, rostliny se tím zakoření hlouběji. Na výstavbu je nutné stavební povolení od vodohospodářského úřadu a povolení vypouštění vyčištěné vody do recipientu. [20,25,26,28,29,30,31]

Odpadní voda vtéká do kanalizační šachty (septiku) u domu a odtud je tlakovým potrubím vedena na čistící prostor. První je předčištění hrubých nečistot pomocí česla a lapáku písku. Voda je přiváděna do mělkých nádrží s obdélníkovým tvarem a se sklonem 1% a s hloubkou 30-70cm. Dno a boky jsou kryty hydroizolační fólií (geotextilie), která zamezuje průsaku odpadní vody do okolní půdy. Dno nádrže je vysypáno hrubším pískem, štěrkem a zeminou a osazeno bahenními a vodními rostlinami. Hladina vody je držena pod povrchem štěrku 5cm (Obr. 12). Voda vstupuje na jednom konci a pomalu prochází celou čistírnou, kde je odpadní voda čištěna pomocí mikroorganismů. Vyčištěná voda opouští čistírnu do recipientu. Je nutný správný výběr rostlin (orobinec, rákos). Rostliny mají

schopnost dodávat kyslík do kořene a tak umožňují život bakteriím a řasám a ty rozkládají částice v odpadních vodách na živiny pro vodní rostliny. Kyslík přiváděný kořeny do vody je v blízkém okolí kořenového systému rostlin důležitý pro odstraňování organického dusíku. Fosfor je odbouráván rostlinami, které ho využívají k růstu. Nadzemní části rostlin se dají zkompostovat. Voda je zdržována 14 dní a během této doby se důkladně vyčistí za pomoci biologických procesů. Vyčištěná voda odtéká do recipientu. Kal vysychá velmi rychle a ročně vytvoří 1cm humusu, který po určité době odstraníme a použijeme jako hnojivo na pole. [20,21,25,26]



Obr. 12. Typické uspořádané kořenové čistírny: 1 – distribuční zóna, 2 – nepropustná bariera, 3 – filtrační materiál, 4 – vegetace, 5 – výška vodní hladiny v kořenovém loži nastavitelná v odtokové šachtě, 6 – odtoková zóna, 7 – sběrna drenáž, 8 – regulace výšky hladiny [27]

6.2 Filtrační materiál

Filtrační materiál vytvoří prostředí pro výstavbu a zakořenění rostlin, život mikroorganismů, zachycuje suspendované látky, adsorbuje část minerálních látek. Hrubší filtrační materiál má vyšší hydraulickou vodivost. Jemný filtrační materiál má zvýšenou schopnost zachycovat suspendované látky. V praxi používáme přírodní filtrační materiál (štěrkopísek, drceny štěrk s frakcí 4-125mm). Výška filtračního lože je 0,7-1m. Na vstupu je hladina vody ve filtračním poli těsně pod terénem. U vertikální KČOV se používají vícevrstvé filtry s proměnnou zrnitostí. Při výběru filtračního materiálu dbáme na zrnitostní

složení, strukturu a texturu zrn, mrazuvzdornost, chemické složení vody, snadnou dostupnost a cenu, hydraulickou vodivost, pórovitost, měrnou a objemovou hmotnost.[20]

6.3 Odstraňování důležitých skupin látek v kořenové čistírně

a) Organické látky se odstraňují sedimentací v lapáku písku a současně jsou rozkládány na jednoduché. Po nátoku na filtrační pole, kde probíhá filtrace, se částice usazují na dně do šterkového substrátu. Mikroorganismy organické látky přeměňují na oxid uhličitý a metan.

b) Dusík se odstraňuje na filtračním poli osazený rostlinami za aerobních podmínek. Odpadní vody obsahují organický dusík a ten se rozkládá na amoniakální dusík. Amoniakální dusík se odstraňuje nitrifikací na dusičnany, denitrifikací na plynný dusík.

c) Fosfor se odstraňuje díky sorpci fosforu na substrátu filtračního pole. Fosfor je součástí mikrobiálních buněk rostlin. Účinnost odstranění je nejlepší na počátku vybudované čistírny a postupem věku účinnost čištění klesá.

d) Těžké kovy se odstraňuje těžko. Kovy se usazují na dně nádrže ve filtračním loži, kde tvoří komplexy.[25]

6.4 Výhody a nevýhody kořenové čistírny

Výhody kořenové čistírny	Nevýhody kořenové čistírny
žádná nebo minimální spotřeba el.energie a nízké provozní náklady	poměrně vysoké nároky na plochu (na jednoho obyvatele počítejte tak 5–6 m ²)
možnosti nárazového a dlouhodobého přetížení vysokými průtoky (vhodné pro jednotné kanalizační síti)	možnost ucpání filtračního prostředí (potom odpadní vody tečou po povrchu, což je největší problém)
malé nároky na obetonování a technologická zařízení	závislost čistícího účinku na klimatických podmínkách
brání erozi půdy a je odolná vůči povodím, vytváří nový biotop	nejsou vhodné pro čištění koncentrovaných odpadních vod (mlékárny)
není hlučná a nezapáchá	větší rozsah zemní práce

Pokračování tabulky předchozí strany

čistí i velmi zředěné odpadní vody	
může pracovat přerušovaně, proto není náročná na pravidelnou údržbu	
získání vedlejších produktů	
menší náchylnost k haváriím	

6.5 Výpočet základních parametrů kořenové čistírny

I. Plocha půdního filtru: $S = Q_d \cdot (\ln C_p - \ln C_o) / K_{BSK5}$

Kde: Q_d Průměrný denní přítok odpadní vody v m^3/den

C_p, C_o ... Průměrná denní koncentrace BSK_5 přitékající a odtékající odpadní vody v mg/l

K_{BSK5}Reakční konstanta: $0,1m/\text{den}$

II. Objem půdního filtru: $V = A \cdot d$

Kde: A Plocha kořenového pole v m^2

dHloubka lože: $0,8 - 1m$

III. Doba zdržení ve filtračním poli: $t = (V \cdot n) / Q_d$

Kde: VObjem filtračního pole

nPórovitost zemního lože: $0,4$

Q_d Průměrný denní přítok odpadní vody v m^3/den [20,25]

6.6 Rostliny pro kořenovou čistírnu

6.6.1 Funkce rostlin

Slouží pro růst různých druhů bakterií, které jsou vázány na kořeny rostlin. V zimním období slouží k zateplení povrchu kořenové čistírny. Rostliny vytvářejí organický uhlík, který je potřebný pro proces denitrifikace. Důležitým kritériem je, že tvoří

funkci krajinnou a estetickou. Pomocí rostlin je do filtračního lože přiváděn kyslík. [34]

6.6.2 Typy rostlin pro výstavbu kořenové čistírny

Rákos obecný (*Phragmites Australis*) je tráva dorůstající do výšky kolem 4 – 6m. Má mohutné a dlouhé oddenky do hloubky 70 cm i více. Rákos se rozmnožuje vegetativně pomocí oddenků nebo semen. Rákos je tolerantní vůči výkyvům pH a velmi dobře snáší i vyšší hodnoty znečištění (BSK_5 a dusíku). Kvete od srpna do září.



Obr. 13. Rákos obecný [32,33,34]

Chrastice rákosovitá (*Phalaris Arundinacea*) je vysoká rostlina. Kořenový systém narůstá do hloubky 20 – 30 cm a je mohutný. Dobře se množí vegetativně nebo semeny. Je tolerantní vůči vyšší koncentraci znečištění a promrzání, ale není tolerantní vůči větším výkyvům pH.



Obr. 14. Chrastice rákosovitá [32,33,34]

Zblochan vodní (*Glyceria Maxima*) je močálová, vysoká tráva dorůstající výšky 3m. Zakořenění je mělké. Má dlouhé vegetační období. Kvete od června do srpna. Květy tvoří krásnou, ozdobnou, bohatou latu. Snáší dobře zaplavení až do výšky 50cm.



Obr. 15. Zblochan vodní [32,33,34]

Orobinec širokolistý (*Typha latifolia*) je rostlina vysoká až 4 m. Zakořeňuje mělce 30 – 40 cm. Má silné oddenky, velice rychle se množí. Jedná se o rostlinu, která snadno vytlačí jiné druhy. Je ideální pro čištění velmi kyselé vody s pH i kolem 2. Snese i pH 10. Jedná se o rostlinu tolerantní nejen k vysokým a nízkým hodnotám pH ale i k vysoké koncentraci znečištění. Má ráda půdu s velkým množstvím živin. Kvete v létě – červenec až srpen.



Obr. 16. Orobinec širokolistý [32,33,34]

Kosatec žlutý (*Iris Pseudacorus*) je využíván jako bahenní a dekorativní rostlina, která lemuje břehy. Kosatec žlutý dorůstá výšky až 120 cm. Její krásný velký žlutý květ můžeme obdivovat v květnu až červenci. Má ráda vodu a bahnitou půdu s větším množstvím živin (dusíku a fosforu). Potřebuje občasné zaplavení půdy vodou. Patří mezi jedovaté rostliny, přesto byla dříve hojně využívána v léčitelství.



Obr. 17. Kosatec žlutý [32,33,34]

Blatouch bahenní (*Caltha palustris*) je dekorativní rostlina vhodná na okraj KČOV. Dorůstá do výšky 40 cm. Žlutý květ můžeme vidět od května do června. Dekorativní jsou ale i její tmavě zelené na okraji jemně pilovité listy. Jde o jedovatou rostlinu používanou i v lidovém léčitelství. Má ráda polostín. [32,33,34]



Obr. 18. Blatouch bahenní [32,33,34]

6.7 Objekty na kořenové čistírně odpadních vod

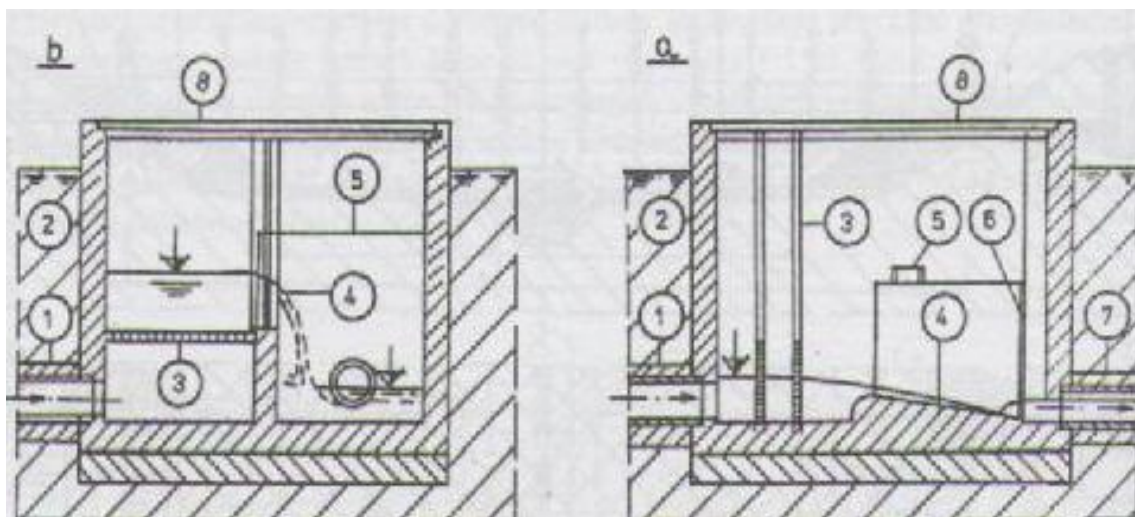
a) Vyrovnávací nádrž je železobetonová s dávkovacím zařízením, které umožňuje kořenové čistírně rovnoměrné dávkování odpadní vody po sekcích. Slouží ke krátkodobému vyrovnání průtoku. Navrhuje se před čerpací stanicí nebo na přítoku na filtrační pole.

b) Přívodní a rozdělovací zařízení je určeno k přívodu vody na mechanický stupeň čištění a postupně až na filtrační lože kořenové čistírny. Odpadní vody jsou přiváděny PVC potrubím do rozdělovací a revizní šachtice opatřené sítovým filtrem. K rozdělení vody slouží rozdělovací potrubí uložené v rozdělovacím pasu z hrubého kameniva a opatřené výtokovými otvory s kryty na ucpaní. Konec je vyveden nad terénem. Šachtice a potrubí jsou opatřeny větracími nástavky. Rozdělovací objekt používáme pro rovnoměrné

rozdělení odpadní vody do jednotlivých sekcí. Regulační uzavěry jsou na přívodním potrubí dělicí stěny a přepady jsou v šachticích.

c) Odběrné a výpustní zařízení je tvořeno jímacím drénem uloženým do šterkového jímacího pásu s filtrem obráceným do regulační šachty. Jímací potrubí se navrhuje z kameniny a PVC. Úkolem regulační šachty je nastavení výšky hladiny ve filtračním prostředí KČOV.

d) Měrné a regulační zařízení slouží k měření průtoku v otevřených kanálech pomocí gravitačního potrubí (Thomasův přepad, Parshallovský žlab, stavidlo). Slouží k měření průtoku pomocí nízkotlakového a tlakového potrubí (indukční průtokoměry, rychlostní vodoměry, průřezové vodoměry, speciální vodoměry). Měření výšky hladiny v přívodním a odvodním úseku se provádí pomocí plovákového limnigrafu, ultrazvukové hladiny, tlakové sondy, limnigrafické latě. Měření výšky se provádí u česla, lapáků písku, usazovacích nadržů a otevřených žlabů. Sledování teploty odpadní vody, teploty filtračního pole. Sledujeme chemické vlastnosti odpadní vody a průběh čištění v KČOV. [20,21,261]

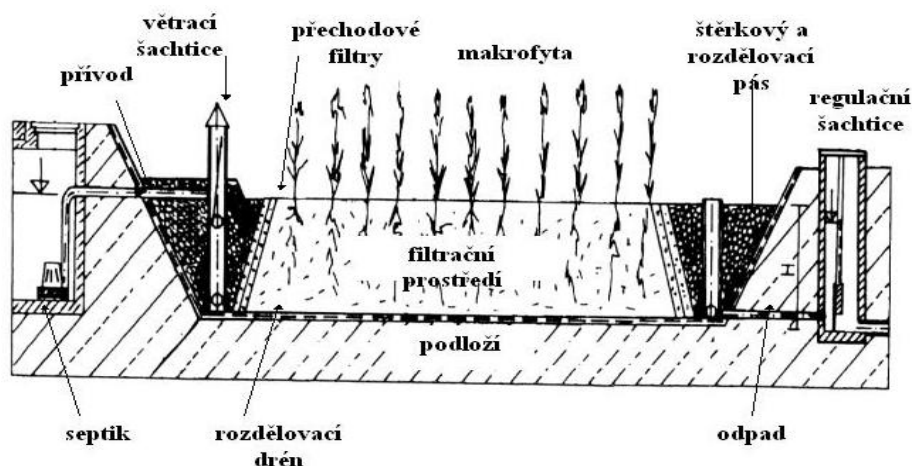


Obr. 19. Schéma různých uspořádání zařízení na přívodu do kořenové čistírny: A. Uspořádání s dělicím břitem: 1-přívod odpadní vody, 2-šachtice, 3-uklidňovací rošty, 4-práh, 5-dělicí břit, 6-závěs, 7-odpad, 8-uzavíratelný poklop. B. Řešení s dělicím měrnými přepady: 1-přívod odpadní vody, 2-šachtice, 3-uklidňovací rošty, 4-drážky pro měrný přepad, 5-dělicí stěna, 6- měrný a regulační přepad [20]

6.8 Kořenové čistírny odpadních vod dělíme podle proudění

Horizontální kořenová čistírnu, na kterou přitéká odpadní voda povrchově nebo podzemně.

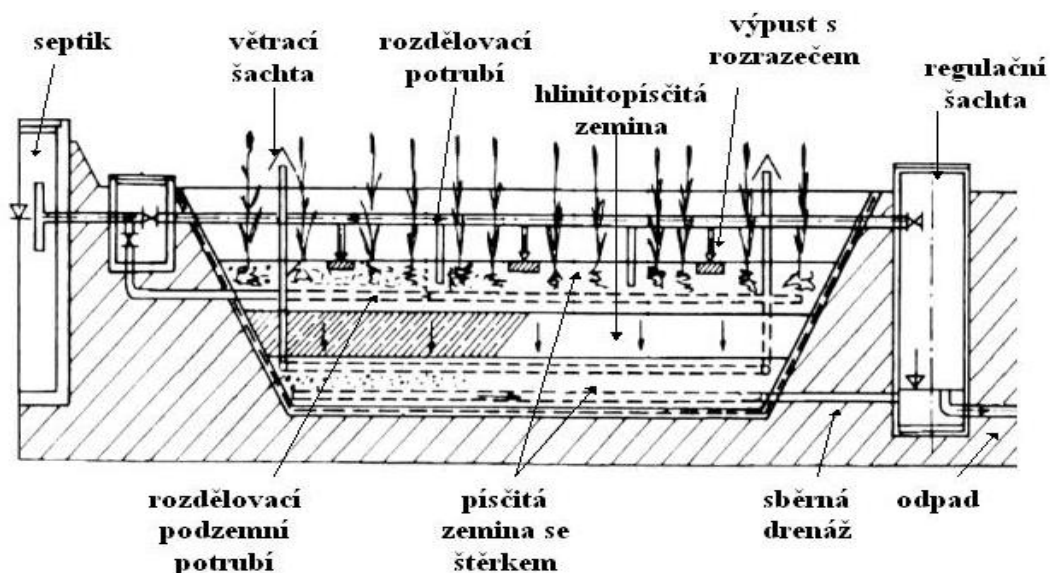
- a) Horizontální kořenová čistírna s povrchovým prouděním slouží k čištění a dočišťování povrchových odpadních vod. Povrchový tok vody má velmi malou průtočnou rychlost v nízké vrstvě vody, tím způsobuje intenzivní sedimentaci laditelných částic na počátku půdních filtrů. Při tenké vrstvě vody dochází k dostatečnému styku vodního prostředí s ovzduším a tak dobře okysličuje vodu. Nitrifikace příznivě urychluje proces čištění. V zimním období se musí hladina vody zvýšit, voda tak proudí pod ledem nebo půdním prostředím. Minimální délka filtračního pole je 20m, poměr stran 1:8, výška. Jímka musí být těsněná před únikem odpadních vod do vod podzemních a to pomocí PVC fólie. Na fólii se naveze filtrační materiál a osadí se vodními rostlinami. Jsou navrhována paralelně za sebou dvě pole, aby se mohla vysušit a zkompostovat. Hlavní části kořenové čistírny jsou výpustní a nápusťní zařízení. Nápusťní zařízení je tvořeno rozdělovacím potrubím, výpustní je tvořeno sběrným drénem čelným přelivem.
- b) Horizontální kořenová čistírna s podzemním prouděním slouží k čištění a dočišťování komunálních odpadních vod. Těsnící jímka je naplněna filtračním materiálem a osazena mokřadovými nebo vlhkomilnými rostlinami. Mechanicky čištěná odpadní voda se rovnoměrně rozděluje po celé šířce filtračního pole, protéká půdním filtrem a je odváděna sběrným drénem. [20,21,25]



Obr 20. Horizontální kořenová čistírna [24]

Vertikální kořenová čistírna, na kterou přitéká odpadní voda povrchově nebo podzemně.

- a) Vertikální s dolním prouděním, kde je odpadní voda přiváděna na povrch, mělce pod povrch kořenové čistírny. V zimním období se rozdělovací potrubí umísťuje do zamrzlé hloubky. Odpadní voda se filtruje porézním prostředím a je odváděna sběrným drénem uloženým na dně těsněné jímky. Před zimou se kořenová čistírna zatopí a povrch se nechá zamrznout a odpadní voda je přiváděna pod ledem.
- b) Vertikální s horním prouděním, kde je odpadní voda přiváděna těsně u dna kořenové čistírny do rozdělovacího potrubí, filtruje se ve filtračním prostředí směrem vzhůru, na povrchu přepadá do sběrného žlabu a je odváděna sběrným drénem uloženým pod povrchem. Povrch kořenové čistírny se krátkodobě zatopí, aby zničil plevele. [20,21,25]



Obr. 21. Vertikální kořenová čistírna [24]

7. NÁVRH KOŘENOVÉ ČISTÍRNY OBCE RADOTÍN

Navrhuji čistírnu pro likvidaci odpadních vod v obci Radotín v lokalitě Šabac - Záhumení, kde je zatím odpadní voda odváděna rovnou do recipientu. Odpadní voda je z obce odváděna jednotnou kanalizační sítí, která přivádí současně vody odpadní, vody dešťové a balastní. Kanalizační síť bude podchycena v odlehčovací šachtě, která bude oddělovat zředěné splaškové a dešťové vody za přívalového stavu, tak aby splnili hygienické podmínky v toku. Po odlehčení odpadní voda natéká na česla s lapákem písku, usazovací nádrž, měřicí objekt a vyústíuje do kořenové čistírny.

7.1 Přivádění vody

Přivaděč slouží k dopravě odpadní vody na čistírnu. Před přivedením na čistírnu musíme změřit míru znečištění pomocí Thomsonova měrného přepadu. Přivaděč je plastové potrubí uložené do pískového lože s odsypem. Potrubí je kompletováno hrdlovými spoji s pryžovým těsněním. Za přivaděčem je umístěna odlehčovací šachta, která je tvořena z monolitického dvouplášťového železobetonu s vnitřními armaturami, které zabetonujeme do země. V odlehčovací šachtě se provádí odlehčení. Odlehčení zředěním odpadních a balastních vod je nutné, protože jsou vedeny z jednotné kanalizační sítě a zajišťuje nátok zředěných vod na čistírnu. V šachtě je ruční stavítko pro možnost odstavení nátok na čistírnu odpadních vod. Odlehčovací komora má delší přelivnou hranu a regulační zařízení na přítoku. U přírodního způsobu čištění se navrhuje, aby byla delší životnost čistírny, menší rychlost zanášení kořenové čistírny. Za odlehčovací šachtou jsou umístěny výpustní objekty, které jsou tvořeny z lomového kamene s vyspárováním. Za běžného stavu splašková odpadní voda natéká přímo na čistírnu. Za dešťového stavu jsou odlehčené vody přepouštěné do šachty, kde dochází k ředění, nebo jsou vypuštěny přímo do recipientu. Dno je zpevněné příkopovými dílci se zdvihem 120mm, opevnění se provede po celé délce přivaděče

7.2 Mechanické předčištění

Mechanické předčištění slouží k nadměrnému zanášení kořenové čistírny. K hrubému předčištění slouží jemná česla, k zachycení minerálních látek slouží lapák písku, k usuzování usaditelných látek slouží usazovací nádrže. Kaly jsou z těchto objektů

skladovány a později odváženy na další zpracování. Nejdříve je odpadní voda přiváděna na jemná česla sloužící k zachycení pevných hrubých plovoucích nečistot. Skládají se ze svislých ocelových tyčí, které jsou usazeny v kruhovém betonovém žlabu s vhodnými vzdálenostmi a sklonem. Dále odpadní voda protéká na horizontální lapák písku, kde se zachycuje minerální nerozpuštěné látky. Tyto látky se dají specifikovat jako látky sunuté a unášené, mají větší měrnou hmotnost než voda. Jsou založeny na principu sedimentace částic nebo využití odstředivé síly k oddělení částic. Jsou tvořeny prostým usazovacím žlabem dostatečně dlouhým, kde se sníží rychlost nebo směr proudění a zrna tak klesají ke dnu. Na přítoku se sníží sklon, na výtoku se pak zvedne. Zde se zbavíme největších nečistot a poté voda přechází do posledního stupně mechanického čištění, do usazovací nádrže, která má obdélníkový půdorys. Mezi přítokem a odtokem je rozdělovací nosná stěna. Dále je na přítoku a odtoku normná stěna. Na přítoku slouží k rovnoměrnému rozdělení nátoky vody na plochu první sekce nádrže, kde dochází k zachycení plovoucích nečistot. Na odtoku slouží ke zvýšení účinnosti usazování částic. Kal se odstraňuje do kalové jímky pomocí shrabováku.



Obr. 22. Předčištění (lapák písku, česle a šterbinová nádrž) [27]

7.3 Přípravná práce na výstavbu

Kořenové filtry se umísťují na slunném místě a v blízkosti by neměly být žádné vzrostlé stromy, aby se nemuseli vykácet. Ve stínu by mohly rostliny růst pomaleji a zahnívat. Musíme znát, je-li v oblasti nějaká podzemní voda nebo jiná ochrana pásma či zařízení pro pitnou vodu, abychom navrhli čistírnu v dostatečné vzdálenosti. Kořenové filtry se umísťují 0,5 - 1,5m pod terénem. Musíme mít všechny povolení: stavební povolení a povolení k vypouštění vyčištěné vody do recipientu. [34]

7.4 Výpočty

7.4.1 Stanovení počtu ekvivalentních obyvatel

Kategorie	Specifická produkce l/os/den	Produkce l/den
1. Obyvatelstvo		
Potřeba pro obyvatele	120	
Občanská a technická vybavenost	10	
Celková produkce		9 100
2. Vybavenost		
Firma Paragon		900
3. Zemědělství	nezapočítáváme	-
Celková potřeba vody		10 000

Tabulka 2. Produkce odpadní vody

Uvažovaný počet obyvatel pro výstavbu kořenové čistírny je 70.

Vyhodnocení součinitel hodinové nerovnoměrnosti pro 70 EO

Součinitel maximální hodinové nerovnoměrnosti	6,38
Součinitel minimální hodinové nerovnoměrnosti	0,6

Tabulka 3. Součinitel hodinové nerovnoměrnosti

7.4.2 Výpočet produkce odpadních vod pro 70 EO s produkcí 150l/os/den

$$Q_p = E_o \cdot \text{produkce}$$

$$Q_d = Q_p \cdot k_d$$

$$Q_h = Q_p \cdot k_h$$

$$Q_p = 70 \cdot 150$$

$$Q_d = 10500 \cdot 1,5$$

$$Q_h = 10500 \cdot 5,15$$

$$Q_p = 10\,500 \text{ l/den}$$

$$Q_d = 15\,750 \text{ l/den}$$

$$Q_h = 54\,075 \text{ l/den}$$

$$Q_{\min} = Q_p \cdot k_{\min}$$

$$Q_s = Q_p \cdot k_s$$

$$Q_{\min} = 10500 \cdot 0,6$$

$$Q_s = 10500 \cdot 0,25$$

$$Q_{\min} = 6\,300 \text{ l/den}$$

$$Q_s = 2\,625 \text{ l/den}$$

průtok	koeficient	l/den	m ³ /den	l/s	m ³ /den	Q _x + Q _s
Q _p	1	10 500	10,5	0,122	0,438	0,152
Q _d	1,5	15 750	15,75	0,182	0,656	0,213
Q _h	5,15	54 075	54,075	0,626	2,253	0,656
Q _{min}	0,6	6 300	6,30	0,073	0,263	0,103
Q _s	0,25	2 625	2,625	0,030	0,100	

Tabulka 4. Množství odpadní vody

Kde: Q_p - průměrný průtok; Q_d - denní průtok; Q_h - hodinový průtok; Q_{min} - minimální průtok; Q_s - průtok balastní vody; k_d - denní koeficient; k_h - hodinový koeficient; k_{min} - minimální koeficient; k_s - koeficient balastní vody

7.4.3 Ukazatele znečištění na přítoku a odtoku

1. Množství a kvalita ukazatelů znečištění přítoku do čistírny

Podle provedených analýz jsou hodnoty znečištění na přítoku uvedeny v tabulce č. 4.

Faktory	g/Eo	g/den	mg/l	t/rok
BSK ₅	42,0	2 940	224,00	1,073
NL	38,5	2 695	205,33	0,984
CHSK _{c_r}	84,0	5 880	448,00	2,146
N-NH ₄	5,25	367,5	28,00	0,134
P _c	2,1	147	11,20	0,054

Tabulka č. 5. Faktory znečištění na přítoku

Výpočet koncentrace BSK₅ na přítoku:

$$C_p = E_o * BSK_5$$

$$C_p = 70 * 42$$

$$C_p = 2940 \text{ g/den}$$

Kde: C_p je uvedené v kapitole 6.5

2. Množství a kvalita ukazatelů znečištění odpadní vody do recipientu

Účinnost odstranění organických látek

$$C_o = 0,91 * BSK_5 \quad C_o = 224 - 203,84$$

$$C_o = 0,91 * 224 \quad C_o = 20,16 \text{ mg/l}$$

$$C_o = 203,84 \text{ mg/l}$$

Kde: C_o je uvedené v kapitole 6.5

FAKTORY	Znečištění [mg/l]	Účinnost čištění KČOV [%]
BSK ₅	20,16	91
CHSK _{cr}	89,60	80
NL	30,80	85
N-NH ₄	7,00	75
Pc	2,80	75

Tabulka 6. Faktory znečištění na odtok

3. Srovnání faktoru znečištění odpadní vody s legislativou:

FAKTORY	přítoku	odtoku	legislativa
BSK ₅	224,00	20,16	40
CHSK _{cr}	448,00	89,60	150
NL	205,33	30,80	50
N-NH ₄	28,00	7,00	-
Pc	11,20	2,8	-

Tabulka 7. Srovnání faktoru znečištění

7.4.4. Výpočty k filtračnímu poli**Plocha filtračního lože**

$$S = Q * (\ln C_p - \ln C_o) / K_{BSK5}$$

$$S = 10,5 * (\ln 224 - \ln 20,16) / 0,1$$

$$S = 252,83 \text{m}^2$$

Plocha filtračního lože pro 70EO je $252,83\text{m}^2$ a na jednoho ekvivalentního obyvatele je $3,6\text{m}^2$.

Objem filtračního lože**Doba zdržení**

$$V = S * h$$

$$t = (V * h * n) / Q$$

$$V = 265,202 * 0,8$$

$$t = (202,267 * 0,8 * 0,4) / 10$$

$$V = 202,267\text{m}^3$$

$$t = 6,5 \text{ dní}$$

7.5 Realizace kořenového lože

Kořenové filtry slouží jako druhý stupeň čištění odpadní vody. Čištění probíhá filtrací. Látky se rozkládají pomocí mikroorganismů za aerobních a anaerobních podmínek. Filtrovací je tvořen z hrubého kameniva a štěrku a je osazen vodními rostlinami.

První vytvoříme výkop ve hloubce 0,8 – 1m se sklonem 1,5%. Půdorys výkopu je obdélníkového tvaru (Obr. 23). Dno a stěny jsou vyrovnány pískem, aby se svahy nesesouvali na dno. Do výkopu jsou vedeny rozdělovací potrubí k přívodu odpadní vody a na druhé straně je potrubí pro odtok vody. Na dno a vnitřní stěny položíme PVC-folii a geotextili, která slouží jako ochrana před únikem odpadní vody do půdy a také zčásti jako tepelná izolace v zimním období. Nejčastěji používáme hydroizolační folie PEHD, EPDM, které jsou odolné proti UV záření. Folie přesahuje přes hranu výkopu, aby byla dostatečně napjatá a přesně kopírovala tvar výkopu, kraje jsou z venku upevněny zeminou a kamením (Obr. 24). Na upravené dno se naveze štěrk hrubších frakcí a pak jemnější. Celé štěrkové lože by mělo dosahovat do výšky 0,8m (Obr. 25). Štěrkové lože osadíme mokřadními rostlinami cca 6-10sazenic/ m^2 . K osazení používáme rákos obecný, chrastici rákosovitou, kosatec žlutý, blatouch bahenní, zblochan vodní. (Obr. 26)

Do štěrkového lože je horizontálním prouděním přiváděna odpadní voda potrubím do výšky hladiny odpadní vody 5 – 10cm. Voda protéká celou čistírnou po určitou dobu, a pak je odváděna do recipientu. Zdržení vody ve filtračním loži závisí na ploše a počtu ekvivalentních obyvatel. Odpadní voda je čištěna pod štěrkovým ložem pomocí mikroorganismů a rostlin. Po určité době se musí z nádrže odstranit kal, který je u dna, a to

tak, že určitou dobu pracuje jen jedno filtrační lože. Proto se vždycky vybudovávají lože dvě.



Obr. 23 základní výkop [34]



Obr. 24 folie s přítokem [34]



Obr. 25 šterkové lože kořenové čistírny [34]



Obr. 26 osazení vodními rostlinami [34]

Měrná šachta je navržena obdélníkového půdorysu (1,2 x 1,2m a výška 1,1m). Stěny i dno jsou z prostého betonu. V šachtě je osazen Parshallův žlab. Měrná šachta je uzavřena ocelovým poklopem. Vstup do měrné šachty umožňuje vidlicová stupadla.

Požerák je navržen obdélníkového profilu, s takovou výškou aby lícovala s korunou hráze. Návrh parametrů bezpečnostního přelivů bude v dalším stupni dokumentace ověřen výpočtem. Voda z požeráků bude odváděna potrubím. Požerák bude kombinovaný, část jez bude regulována, bude zhotovena či upravena ze dřeva tak, aby stavba zcela vyhovovala po ekologické stránce, tak i po estetické. Ve spodní části bude česle po úplné vyprázdnění vodní nádrže.

8. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Stavební úpravy kanalizace	965 450Kč
Vedlejší náklady kanalizace	65 650Kč
Kořenová čistírna odpadních vod	
Kanalizační šachta	71 700Kč
Výpustní objekt	35 000Kč
Lapák písku a česlemi	180 000Kč
Usazovací nádrž	400 000Kč
Výkop	700 000Kč
Folie	36 000Kč
Rostliny	552 000Kč
Štěrk	256 300Kč
Požerák	144 000Kč
Měrná šachta	60 000Kč
Provozní objekt	120 000Kč
Terénní úpravy	425 000Kč
Vedlejší stavební práce	234 800Kč
Celkové náklady	3 849 100Kč

Celkové náklady na výstavbu kořenové čistírny jsou 3 849 900Kč.

9. ZÁVĚR

Cíle bakalářské práce byly splněny tím, že byla provedena literární rešerše dostupných zdrojů. Dále shrnutí všech základních informací o technologii na zneškodňování odpadních vod z malých zdrojů. Musíme znát všechny typy zařízení pro zneškodňování odpadní vody a také vědět na jakém principu pracují a podle toho vybereme vhodné zařízení na čištění odpadní vody. Důležité je také znát legislativu týkající se čištění odpadních vod.

Pro obec Radotín bylo vybráno čištění odpadní vody pomocí kořenové čistírny, která by měla zlepšit kvalitu vody v Radotínském potoku pro další generace. Kořenová čistírna nejlépe zapadá do vybrané lokality, protože se nejvíce podobá přírodnímu ekosystému a probíhají zde přírodní způsoby čištění. Kořenová čistírna navíc bude čistit odpadní vodu pomocí rostlin a mikroorganismů, proto kolem čistírny není žádný zápach a není potřebná žádná elektrická energie a pravidelná údržba. Po shrnutí všech základních informací byly vytvořeny základní části projektové dokumentace návrhů kořenového čištění odpadních vod obce Radotín, která obsahuje potřebné výpočty a výkresovou dokumentaci. Podle výpočtu by kořenová čistírna by odpadní vody dostatečně vyčistila, tak zlepšila kvalitu vody v Radotínském potoku. Přesto bych řekla, že realizace čistírny zatím není v dohledné budoucnosti a to kvůli tomu, že pozemky jsou v soukromém vlastnictví. Obec zatím nemá žádné východisko pro realizaci výstavby kořenové čistírny. Přesto si myslím, že by se zde čistírna odpadních vod měla realizovat. Podle mého projektové dokumentace a výpočtu, nebo doplněna o jinou dokumentaci.

10. POUŽITA LITERATURA:

1. *Radotín: oficiální stránky obce* [online]. c2009 , 2009 [cit. 2010-04-10]. Dostupný z www: <<http://www.obecradotin.cz/index.php?nid=1018&lid=CZ&oid=1231941>>.
2. *Zemědělská vodohospodářská správa*. [online]. 2010 [cit. 2010-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.zvhs.cz/>>.
3. *Mapy.cz: obec Radotín* [online], 2010 [cit. 2010-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.mapy.cz/#st=s@sss=1@ssq=Radot%C3%ADn@@>>.
4. Zákon č.254/2001 Sb., o vodách (celkové informace o vodách)
5. Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích
6. Vládní nařízení č.61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod
7. Vyhláška č.293/2002 Sb., o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových
8. Zákon č 185/2001 o odpadech
9. Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky
10. Vyhláška č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě
11. Zákon č.114/2000 Sb., o ochraně přírody a krajiny
12. Zákon č.258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví
13. Zákon č. 183/2006 Sb., stavební a související předpisy
14. HERLE, J., BAREŠ, P., *Čištění odpadních vod z malých zdrojů znečištění*. vyd. Nakladatelství technické literatury v Praze, 1990. 208s ISBN 04-730-09
15. HLAVÍNEK, P. a kol., *Stokování a čištění odpadních vod*. vyd. stavební fakulta VUT Brno 2006
16. Hydroclar s.r.o.: *Čistírny odpadních vod, septiky, a ostatní výrobky*. [Online], 2010 [cit.2010-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.hydroclar.cz/septiky-a-zemni-filtry/>>
17. EKOPROGRES Hranice a.s.: [online]. 2010 [cit. 2010-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.ekoprogres.cz/CD/Vyrobn%C3%AD%20COV%202003.htm>>
18. *BMTO Group s.r.o: vodohospodářské výrobky*. [online]. 2008 [cit. 2010-04-10]. Dostupný z WWW: <http://www.bmto.cz/obrazky/COV_SEP_1.gif>

19. GRAY N. F.: *Water technology*. Elsevier 2005
20. ŠÁLEK, J., TLAPÁK, V. *Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod*. vyd. informační centrum ČKAIT s.r.o Praha 2006. 283s, ISBN 80-86769-74-7
21. ŠÁLEK, J.: *Přírodní způsoby čištění odpadních vod*. vyd. stavební fakulta VUT Brno 1995. 115s., ISBN 80-214-0712-3
22. Vodohospodářský servis: *e-voda* 2008 [cit. 2010-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.e-voda.cz/clanek/23/cov-vze>>
23. Hubercs, spol s.r.o. [online]. 2008 [cit. 2010-04-10]. Dostupný z WWW: <http://www.hubercs.cz/docs/diskovy_filtr_rodisc.pdf>
24. Vydavatelství VŠ chemicko-technologická Praha: *encyklopedie hydrobiologie*. [online], 2006 [cit.2010-04-10]. Dostupný z WWW: <http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-006/ebook.html?p=S032>
25. VYMÁZAL, J.: *Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách*. vyd. ENVI, s.r.o, Třeboň 1995.
26. COOPER, P. F *Evropská směrnice pro navrhování a provoz kořenových čistíren*. Překlad Sága, P.,Dostál,T. vyd. Stavební fakulta ČVUT Praha 1991
27. Centrum Veronika Hoštětín: *Kořenová čistírna*. [online], 2010 [cit.2010-04-10]. Dostupný z WWW: <http://www.veronica.cz/dokumenty/voda_a_krajina.pdf>
28. Martin Hrkal: *Čistička Info*: [online], 2010 [cit.2010-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.cisticka.info/?cat=6>>
29. *Ekokořeny: Kořenové čistírny*. [online], 2010 [cit.2010-04-10]. Dostupný z WWW: <http://www.ekoreny.cz/web/info/korenove_cisticky>.
30. Rojal: *Jezírka z Kostelce*. [online], 2010 [cit.2010-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.jezirkakostelec.cz/korenove-cisticky/>>
31. MOSHIRI, G.A.(Ed) *Constructed wetlands for water quality improvement*. Lewis. 1993.
32. AICHELE, D. *Kvetoucí rostliny střední Evropy ve volné přírodě*. vyd Euromedia Group, k. s 2005
33. Horčíčko, P., Lysoněk,I.: *Atlas rostlin a živočichů*. [online]. 2010 [cit. 2010-04-10]. Dostupný z WWW: <http://www.guh.cz/edu/bi/biologie_rostliny/>

34. Michal Douší a kol.: *Sdružení projektantů jami vodohospodářských projektů*.
[online]. 2010 [cit. 2010-04-10]. Dostupný z WWW:
<http://www.jamiprojekt.cz/kcov_navrhy.php>.

11. SEZNAM PŘÍLOH

1. Katastrální situace obce Radotín
2. Odlehčovací komora
3. Česla s lapáky písku
4. Usazovací nádrž
5. Podélní řez kořenovou čistírnou